



УДК 004.42::004.94

**MODELLING THE TRANSPORT PROBLEM OF RESOURCES FROM
DIFFERENT SOURCES BY MEANS OF LINEAR PROGRAMMING****МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ РЕСУРСІВ ІЗ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ
ЗАСОБАМИ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ****Altukhova T. V. / Алтухова Т.В.***c.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-8255-5725

*Donetsk National Technical University, Drohobych, Sambirska, 76, 82111**Донецький національний технічний університет, м. Дрогобич, Самбірська, 76, 82111***Sergienko L. H. / Сергієнко Л. Г.***c.p.s., as.prof. / к.пед.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-8668-7736

*Donetsk National Technical University, Drohobych, Sambirska, 76, 82111**Донецький національний технічний університет, м. Дрогобич, Самбірська, 76, 82111***Sergienko O. O. / Сергієнко О. О.***student / студент**Lutsk National Technical University, Lutsk, Lvivska, 75, 43018**Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Львівська, 75, 43018*

Анотація. В роботі розглядається питання оптимізації транспортних витрат на базі лінійного програмування. Це пояснюється тим, що лінійне програмування має надзвичайно широку сферу практичного використання у теорії прийняття рішень, дослідженні операцій і оптимальному плануванні. Тому метою статті є розробка практичного додатку (у прикладному сенсі) з актуальної сучасної тематики, пов'язаної з транспортуванням товарів або ресурсів із різних джерел до споживачів на основі лінійного програмування задля забезпечення найефективнішого способу розподілу ресурсів між пунктами призначення таким чином, щоб мінімізувати загальну вартість. Запропоновано програмний застосунок, який дозволяє спростити вирішення транспортних задач з урахуванням розширених його можливостей для користувачів та дозволить вирішити питання оптимізації процесів планування для прийняття обґрунтованого рішення в різних сферах, а особливо при реалізації поставок важливих видів промислової та сільськогосподарської продукції, а також оптимального планування вантажопотоків і роботи різних видів транспорту.

Ключові слова: технічна задача, транспортування, ресурси, розробка плану, лінійне програмування, web-додаток.

Вступ.

На сьогоднішній день найбільш розвинутою областю теорії оптимізації є лінійна оптимізація чи лінійне програмування (Linear Programming), де розглядаються оптимізаційні задачі із лінійними цільовими функціями та областю пошуку, що задається лінійними обмеженнями, тобто є багатогранником чи багатогранною областю. Це пояснюється тим, що лінійне програмування має надзвичайно широку сферу практичного використання у теорії прийняття



рішень, дослідженні операцій і оптимальному плануванні. З огляду на це, транспортну задачу можна сформулювати як потребу транспортувати товари або ресурси з різних джерел до різних пунктів призначення, мінімізуючи витрати на транспортування.

Тому метою статті є розробка практичного додатку (у прикладному сенсі) з актуальної сучасної тематики, пов'язаної з транспортуванням товарів або ресурсів із різних джерел до споживачів на основі лінійного програмування задля забезпечення найефективнішого способу розподілу ресурсів між пунктами призначення таким чином, щоб мінімізувати загальну вартість.

Виклад основного матеріалу.

З історичних довідок відомо, що автором використання однієї з перших схем математичних цілей був американський вчений психолог Бенджамін Блюм. Він вважав, що одним із основних завдань викладача є навчання студентів вирішенню проблем, з якими їм доведеться зіткнутися в житті та вмінні застосовувати отримані знання на практиці до широкого кола проблем. Лінійне програмування має майже шістдесятирічну історію. впровадження обчислювальної техніки та дало значний поштовх дослідженням в інших областях. Методи лінійного програмування виявилися дуже ефективними для вирішення деяких завдань з області дослідження операцій. Основні ідеї лінійного програмування виникли під час другої світової війни у зв'язку з пошуком оптимальних стратегій при веденні військових операцій тощо [1, с. 23-28].

Стандартне технічне завдання визначається як завдання розробки найбільш економічного плану перевезення продукції одного виду з декількох пунктів відправлення в пункти призначення. При цьому величина транспортних витрат прямо пропорційна об'єму продукції, що перевозиться, і задається за допомогою тарифів на перевезення одиниці продукції.

У реальному світі як транспортні задачі, так і задачі лінійного програмування можуть бути неймовірно корисними. Наприклад, транспортні проблеми актуальні в логістиці та управлінні ланцюгами постачання, коли компаніям необхідно транспортувати сировину або готову продукцію від



постачальників до клієнтів. Мінімізуючи транспортні витрати, компанії можуть збільшити свою прибутковість і залишатися конкурентоспроможними на сучасному ринку праці. Тому ефективність роботи сучасних підприємств, які є складними системами, залежить від якості організаційного управління [2, с.47-57].

Для вирішення поставленого завдання забезпечення найефективнішого способу розподілу ресурсів між пунктами призначення задля мінімізації загальної вартості витрат на транспортування виконано розробку програмного застосунку, який має графічний інтерфейс користувача – тип інтерфейсу, який дає змогу користувачам взаємодіяти з електронними пристроями через графічні зображення та візуальні вказівки, на відміну від текстових інтерфейсів, заснованих на використанні тексту, текстовому наборі команд та текстовій навігації.

Реалізація web-інтерфейсу відображує сукупність засобів, за допомогою яких користувач взаємодіє з web-сайтом або web-застосунком через браузер. Web-інтерфейси отримали широке поширення у зв'язку зі зростанням популярності всесвітньої павутини та відповідно повсюдного поширення веб браузерів. Однією з основних вимог до web-інтерфейсів є їхній однаковий зовнішній вигляд й однакова функціональність при роботі в різних браузерах [3, с.43-49].

Програмний застосунок має структуру, що ґрунтується на базі пакета «eel». Пакет «eel» є інструментом для створення десктопних застосунків на Python з використанням веб технологій, таких як HTML, CSS та JavaScript. Структура програмного додатка має наступний вигляд (рис. 1) [4, с.41-99].

«main.py» – головний файл проекту на Python, який містить код для запуску додатка та взаємодії з «eel». Він запускає серверну сторону додатка (Backend) та відповідає за всю логіку розрахунків додатка;

«index.html» – це головна веб сторінка, яка містить HTML-код для відображення вмісту додатка;

«style.css» – це файл стилів, який містить CSS-код для оформлення веб



сторінки;

«script.js» – це JavaScript-файл, який містить код для взаємодії з Python-частиною додатка, викликаючи методи Python з веб сторінки. Він відповідає за клієнтську сторону додатка (Frontend) й відкриття файлів та збереження результатів;

«FileSaver.js» – це JavaScript-бібліотека, яка дозволяє зберегти файли на стороні клієнта. Вона дозволяє зберігати файли на комп'ютері користувача без необхідності відправляти їх на сервер. Бібліотека забезпечує простий і зрозумілий інтерфейс, що дозволяє зберегти таких у форматах, як txt, html, csv, json тощо.

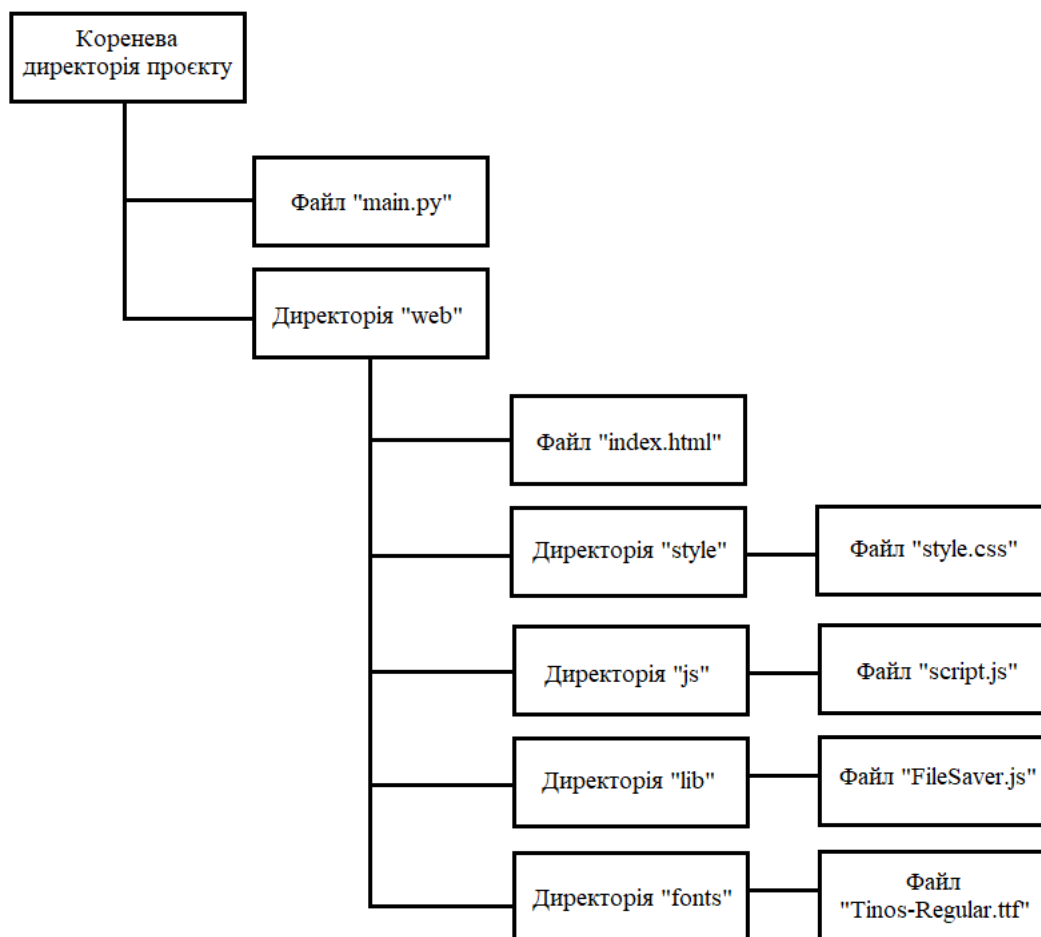


Рисунок 1 – Структура додатку (авторська розробка)

Директорія «fonts» містить шрифти, які будуть використані в додатка.

Також в застосунку використані пакети «rulp» та «numpy». Пакет «rulp» для Python – це популярна бібліотека з відкритим вихідним кодом, яка забезпечує



простий і гнучкий спосіб розв'язання задач лінійного та ціле чисельного програмування. А «пипру» своєю чергою — потужний інструмент для наукових обчислень на Python, який використовується багатьма дослідниками, ученими та інженерами для виконання складних математичних операцій і аналізу даних.

Програмна реалізація застосунку має вигляд головного вікна, в форму якого користувач може ввести дані для подальшого розрахунку та обрати варіант оптимізації відносно мінімуму або максимуму (рис. 2).



Рисунок 2 – Загальний вигляд користувацького інтерфейсу з заповненими вхідними даними (авторська розробка)

Надалі, натиснувши на «Розв'язати», користувач буде отримувати результат, який забезпечуватиме здійснення:

1. Перевірки задачі на збалансованість, програма складатиме всі потреби та запаси, порівнюватиме їх між собою та при необхідності додавати фіктивний об'єкт (стовпець або рядок), який виділяється жовтим кольором та, як наслідок, отримується збалансована умова (рис. 3, а);

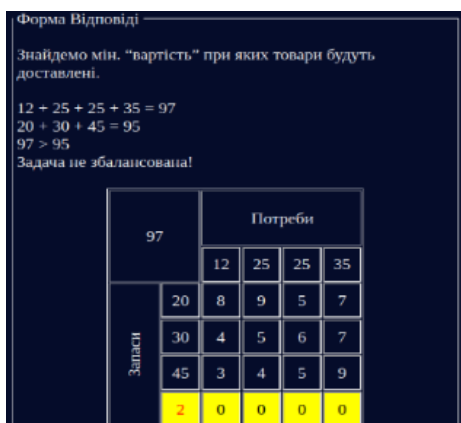
2. Побудову початкового плану перевезення та визначається кількість постачальників (запаси) і споживачів (потреби), які беруть участь у транспортному завданні, визначається кількість товарів, які необхідно перевезти



між кожною парою постачальника та споживача, а також складається матриця вартості (рис. 4, б);

3. Перевірку на оптимальність отриманого початкового плану та, за необхідності, виконується перерозподіл перевезення до тих пір, поки отриманий план не стане оптимальним (вираховуємо потенціали на дельти).

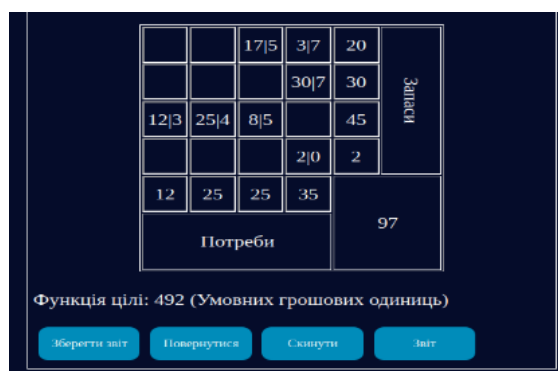
4. Після отримання оптимального рішення, виводиться план без нулів, який зліва від прямого слешу містить розподілену вартість, а праворуч початкову умову плану перевезень та функцію цілі (загальна вартість) (рис. 4, в).



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Результати реалізації застосунку (авторська розробка):

а) перевірка умови на збалансованість; б) початковий план перевезення;

в) остаточний результат оптимізації

Також в ході рішення може бути варіант, при якому не можливо розв'язувати задачу, наприклад задані дані є некоректними, суперечливими або неможливо задовольнити всі обмеження одночасно (рис.4).

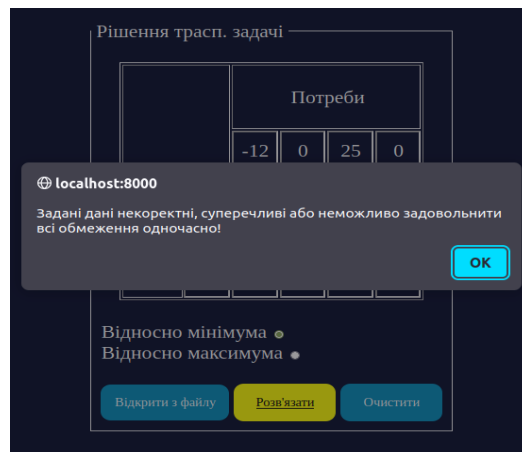
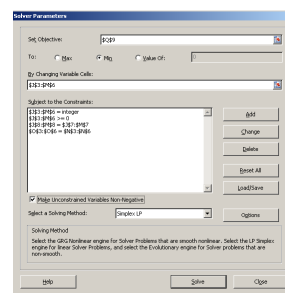


Рисунок 4 – Помилка розв’язання задачі (авторська розробка)

Після реалізації застосунку виконано дослідження правильності отриманих результатів при заданих початкових умовах з рис. 2 із використанням табличного процесора Microsoft Excel та надбудови «Пошук рішення» (рис. 5).

					Запаси
	8	9	5	7	20
	4	5	6	7	30
	3	4	5	9	45
	0	0	0	0	2
Потреби	12	25	25	35	97

а)



б)

					Запаси
	0	0	17	3	20
	0	0	0	30	30
	12	25	8	0	45
	0	0	0	2	2
Потреби	12	25	25	35	97
	12	25	25	35	

в)

Рисунок 3 – Результати реалізації транспортної задачі в Microsoft Excel:

а) початкові умови; б) завдання обмежень та функції оптимізації;

в) результат оптимізації

Висновки.

В роботі розглянуто питання вирішення транспортної задачі ресурсів із



різних джерел засобами лінійного програмування. В процесі роботи було розроблено програмний застосунок із сучасним інтерфейсом користувача, який дозволяє спростити вирішення транспортних задач з урахуванням розширених його можливостей для користувачів. Виконано порівняльний аналіз отриманих результатів, за яким було визначено, що отримані результати за розробленим додатком є ідентичними вирішенню транспортної задачі із використанням Microsoft Excel, тим самим підтверджуючи правильність вирішення поставленого завдання.

Таким чином, розроблений застосунок дозволить вирішити питання оптимізації процесів планування для прийняття обґрунтованого рішення в різних сферах, включаючи промислове виробництво, шахтні підприємства, сільські господарства, фінанси тощо. Наприклад, у виробництві лінійне програмування можна використовувати для оптимізації виробничих процесів, мінімізації витрат і максимізації прибутку. У фінансах його можна використовувати для управління інвестиційними портфелями, оптимізації розподілу активів і зниження ризиків. У сільському господарстві його можна використовувати для оптимізації врожайності, мінімізації витрат і максимізації прибутку.

В якості резюме треба відмітити, що загалом, транспортні задачі та задачі лінійного програмування є потужними інструментами, які дозволяють компаніям і окремим особам приймати обґрунтовані рішення, зменшувати витрати та підвищувати ефективність різноманітних процесів і систем.

Література:

1. Ладогубець Т. С., Фіногенов О. Д. Лінійне програмування: практикум з дисципліни «Методи оптимізації» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 61 с.
2. Ємець О.О., Пічугіна О. С., Маций О. Б., Коробчинський К. П. Навчальний посібник «Лінійне програмування» для студентів напрямів підготовки 122 Комп'ютерні науки та 121 Інженерія програмного забезпечення.



Х.: ХНАДУ, 2019. – 102 с.

3. Гончаренко Я. В. Математичне програмування. К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2010. – 184 с.

4. Бартіш М. Я., Дудзяний І. М. Дослідження операцій. Частина 1. Лінійні моделі: Підручник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 168 с.

***Abstract.** This paper considers the issue of optimising transport costs based on linear programming. This is due to the fact that linear programming has an extremely wide range of practical applications in decision theory, operations research and optimal planning. Therefore, the purpose of the article is to develop a practical application (in the applied sense) on a relevant modern topic related to the transportation of goods or resources from various sources to consumers based on linear programming to ensure the most efficient way to allocate resources between destinations in such a way as to minimise the total cost. A software application is proposed that allows simplifying the solution of transport problems, taking into account its expanded capabilities for users and will allow solving the issues of optimising planning processes for making informed decisions in various fields, especially in the supply of important industrial and agricultural products, as well as optimal planning of cargo flows and operation of various types of transport.*

***Key words:** technical problem, transportation, resources, plan development, linear programming, web application.*

Статтю надіслано: 24.03.2025 р.

© Алтухова Т.В., Сергієнко Л.Г., Сергієнко О.О.